

Approche probabiliste de prévision immédiate de dépassements de seuils de précipitations à l'échelle communale

Adrien Warnan – Thibaut Montemerle – Renaud Tzanos – Météo-France
François Bouttier - CNRM

Colloque SHF *“Prévision des crues et des inondations – Avancées,
valorisation et perspectives”* Toulouse, 28-30 novembre 2023

Météo-France a développé un outil de prévision immédiate des précipitations nommé PIAF-Lame d'eau (**PIAF-RR**).

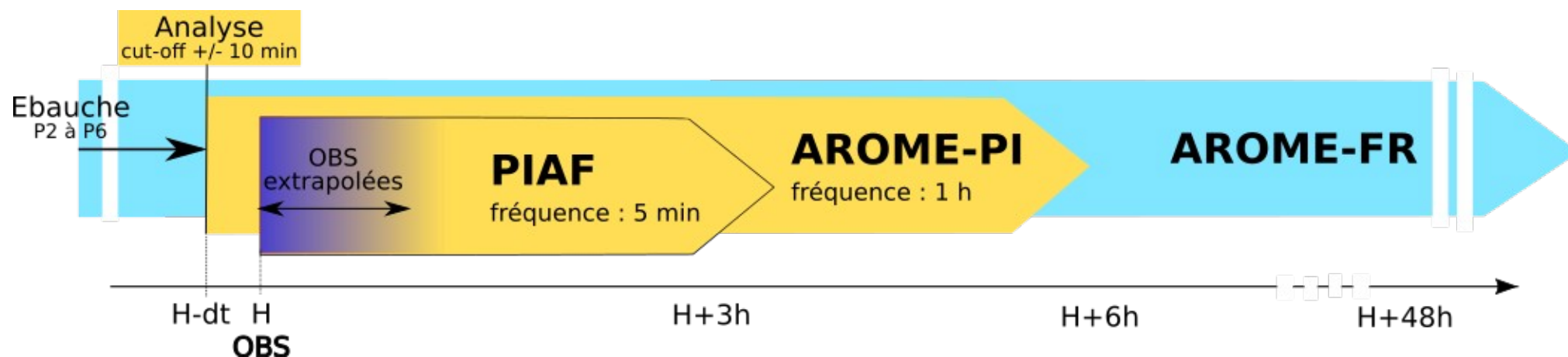
- PIAF-RR fournit des prévisions déterministes, basées sur une fusion d'images extrapolées et de l'équivalent simulé par un modèle de Prévision Numérique du Temps (PNT).
- Afin d'améliorer la prise en compte des incertitudes liées à la temporalité et au positionnement des précipitations, une approche probabiliste a été développée à MF entre DirOP/PI et CNRM/GMME/PRECIP
- Trois applications ont été identifiées :
 - **Extension à 3h de « Pluie dans l'heure »**
 - Tendances des APICs (cf présentation sur APIC-VigicruesFlash demain matin)
 - Fourniture de scénarios de précipitations pour forçages hydrologiques
- Ce travail est effectué dans le cadre de la convention MF-DGPR en cours

PIAF-RR est basé sur une fusion entre des extrapolations temporelles de lames d'eau observées (*Antilope depuis 2023*) et les lames d'eau prévues par le modèle AROME-PI.

(Prévision Immédiate Agrégée Fusionnée, Moisselin et al., 2019)

$$LE_{PIAF}(t) = a(t) \cdot LE_{Extrapolation}(t) + [1 - a(t)] \cdot LE_{AROME\ PI}(t)$$

Avec LE les lames d'eau de PIAF, de l'Extrapolation et d'AROME PI et α le coefficient de pondération compris entre 0 et 1 selon l'échéance. $\alpha(t)$ dépend des performances passées de chacun des prédicteurs les 6h précédentes.

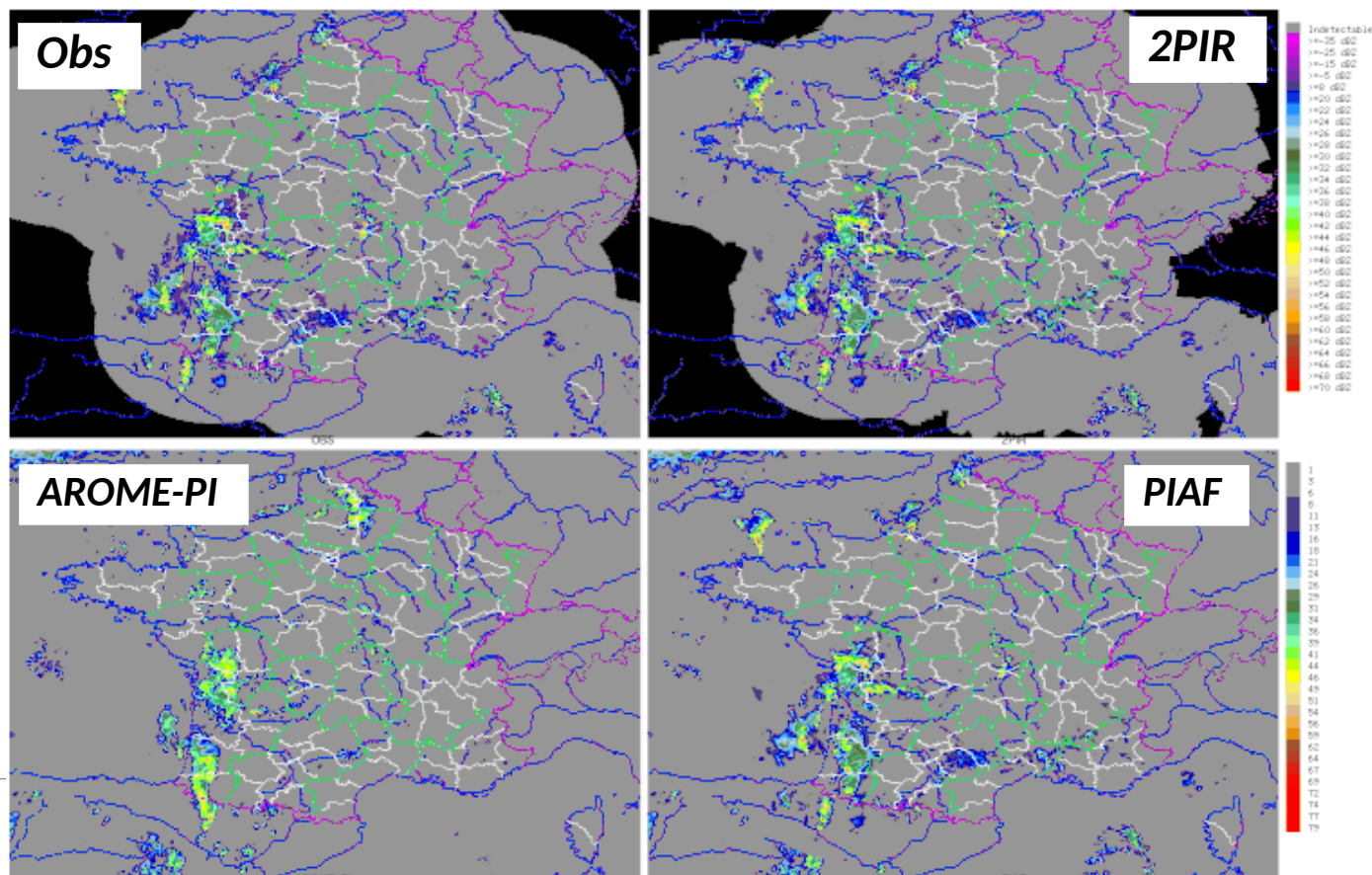


Prédicteurs :

- **Extropolation** : LE Antilope 5 min advectée par le déplacement 2PIR déduit des deux dernières images de réflectivité de la mosaïque Radar ARAMIS
- **AROME-PI** :
 - basé sur la même configurations que **AROME-France** (résolution (dx=1,3km), physique, schéma d'assimilation 3DVar identiques)
 - Permet, dans des délais très courts (30 min), **de fournir toutes les heures des prévisions jusqu'à 6h d'échéance**

*Exemple de prévision
PIAF pour le cas du
17/09/2023 (run de
14h40 TU)*

(I. Bernard-Bouissières)



1. Approche probabiliste et génération d'ensembles

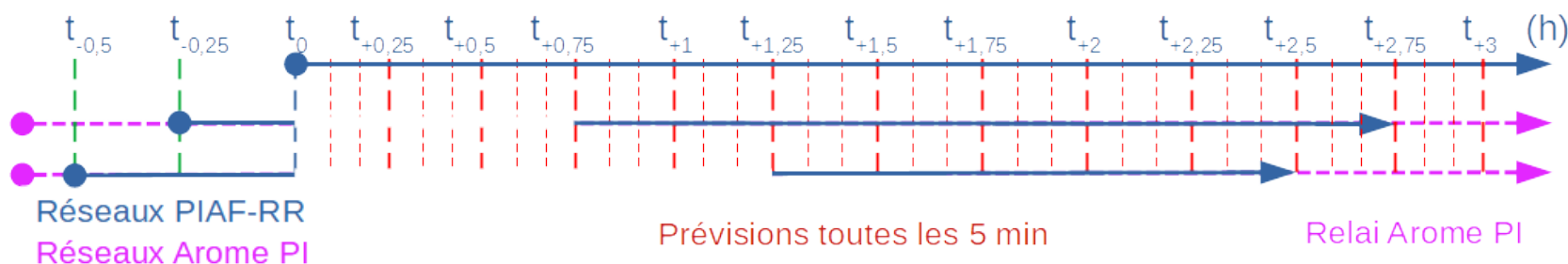
Basée sur l'approche Probgen (*Bouttier et Marchal, 2020*)

PIE : Prévision **I**mmédiate d'**E**nsemble

– **Time lagging**

- En PNT le réseau le plus récent n'est pas forcément le meilleur.
- Utilisation de réseaux antérieurs pour un ensemble à bas coût.
- Lorsque que le prédicteur de PIAF-RR bascule sur la PNT uniquement.
- Pondération en donnant plus de poids au réseau les plus anciens.

PIE Lame d'eau

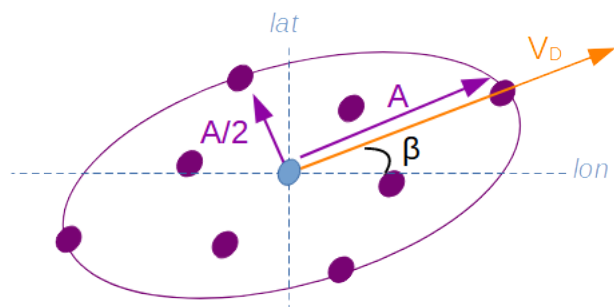


Time-lagging pour la génération des membres de PIAF-RR pour générer l'ensemble PIE

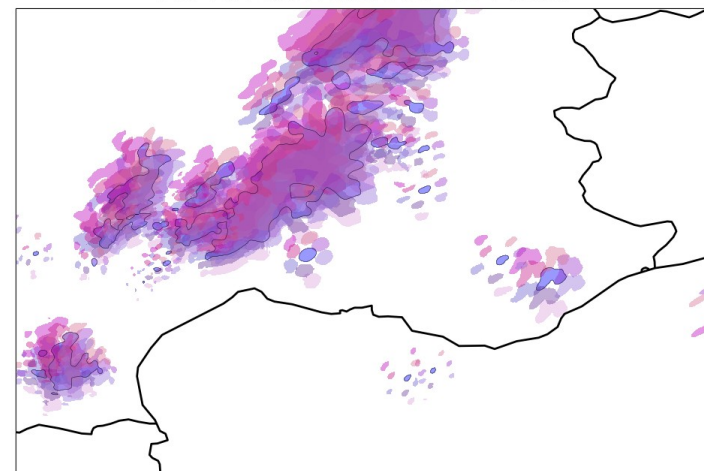
PIE : PrÉvision Immédiate d'Ensemble

– Perturbations spatiales

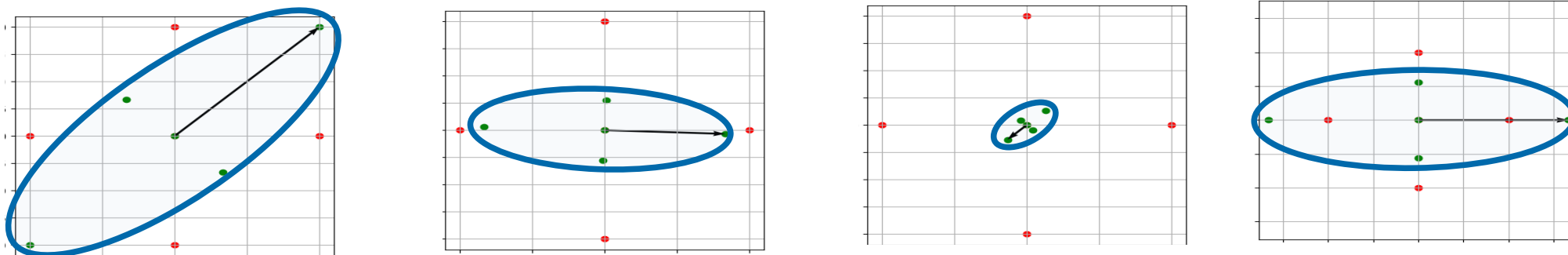
- Le champs de déplacements est calculé entre 2 échéances PIAF-RR
- L'ensemble de perturbations spatiales des champs PIAF-RR est construit dans un voisinage orientée selon la direction et l'amplitude A du déplacement.
- Un facteur d'inflation est appliquée à l'amplitude : $R_{ech}(km)=2*(1+4*ech)$



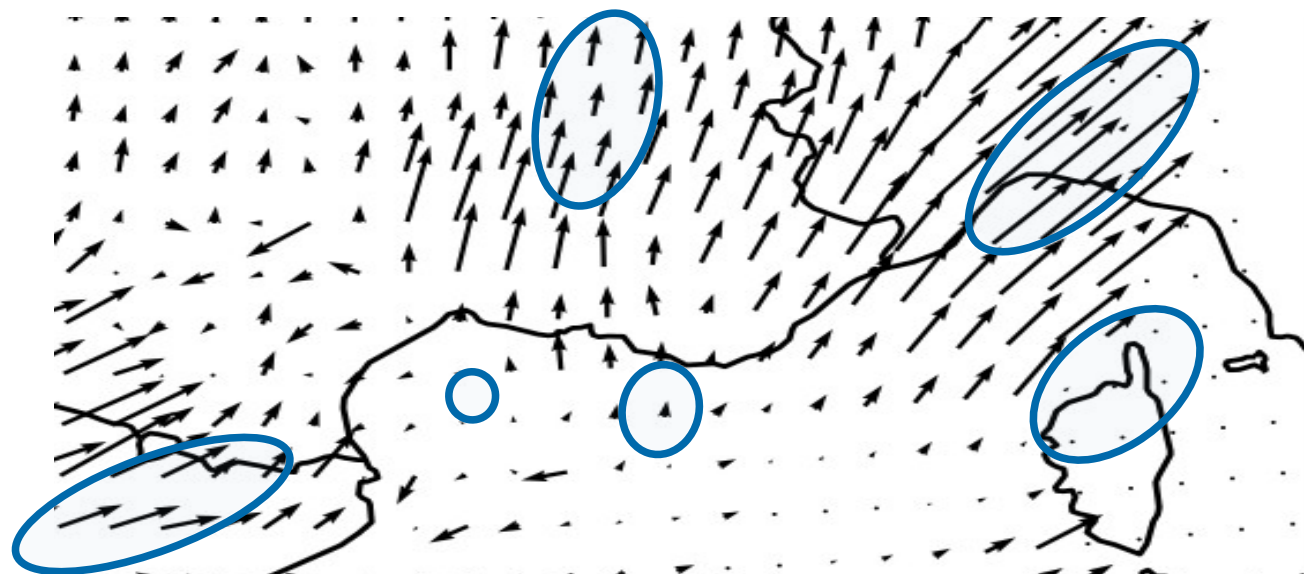
- n perturbations spatiales anisotropes basées sur les champs de déplacements entre 2 échéances PIAF-RR 15 min
- Donnée déterministe PIAF-RR
- Vecteur déplacement en un point de grille donné



Perturbations spatiales pour la génération des membres de PIAF-RR pour la PIE



Exemples de perturbation spatiale



● Perturbation isotrope

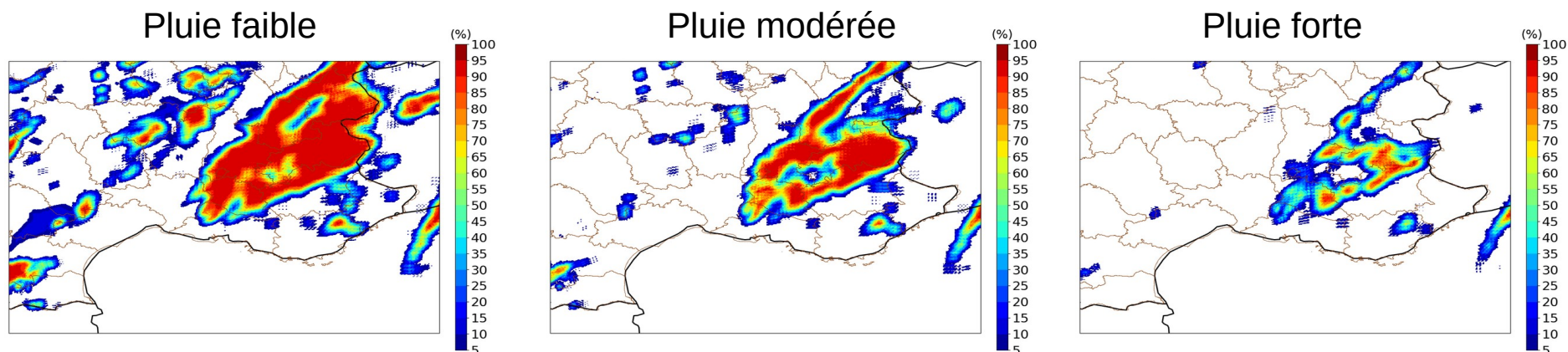
● Perturbation
anisotrope en
fonction du champ
de déplacement



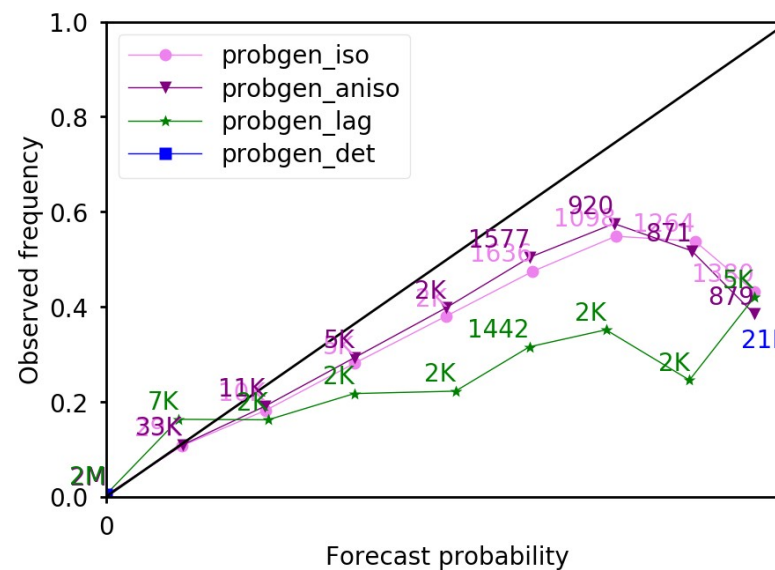
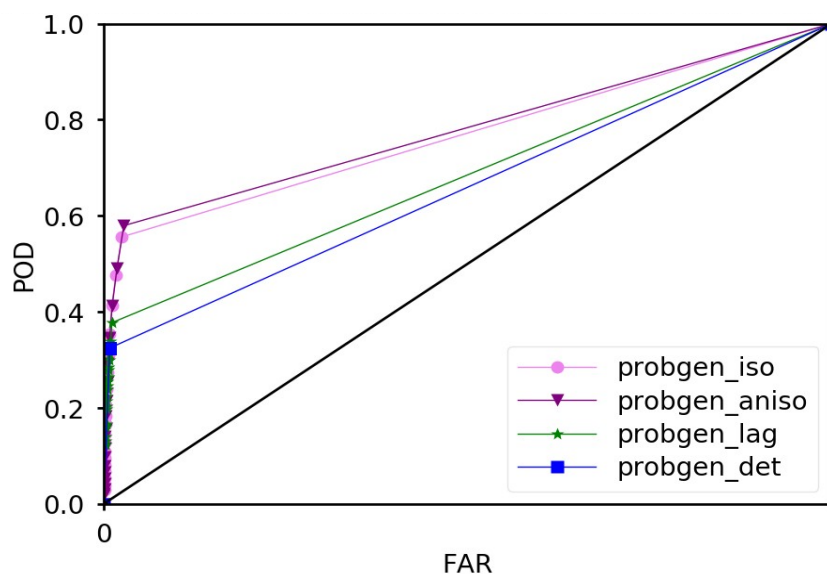
Voisinage de
perturbation spatiale

Champs de déplacements calculé entre 2 échéances PIAF de 15 min
Exemple du 2020/09/19 - r18h - ech 45mn-60mn (I. Bernard-Bouissieres)

Probabilité d'occurrence pour le cas du 09/11/2022 dans le sud-Est : ech 1h



Scores probabilistes :



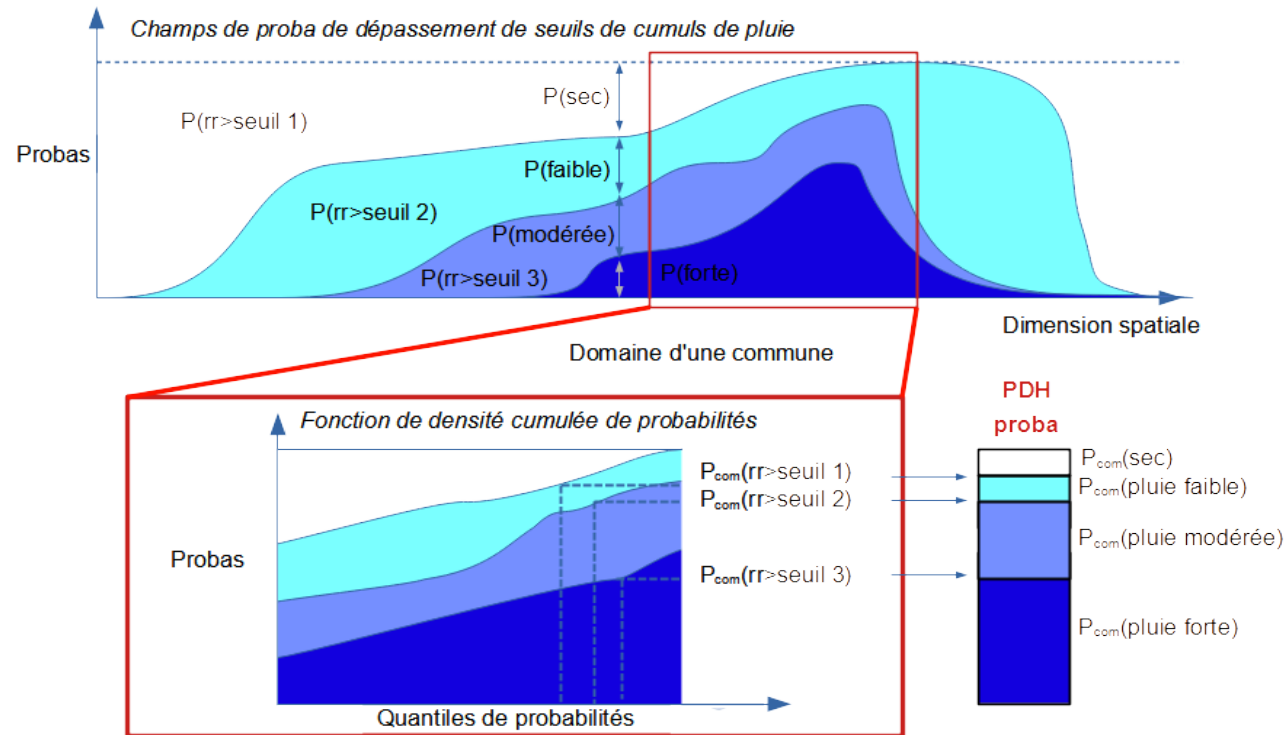
Receiver Operating Characteristic (courbe ROC) à gauche et Diagramme de fiabilité à droite pour un dépassement du seuil de 0.6mm/15min pour PIAF-RR déterministe, PIE 3 membres, PIE 27 membres-A, et PIE 27 membres-B.

2. Applications

Application de l'approche probabiliste

Agrégation communale : calcul d'une Valeur Privilégiée (VP)

- Déduites des seuils utilisés pour « Pluie dans l'Heure »
- Dans un but de diffusion plus lisible de la prévision immédiate



Algorithme de classification pour une valeur privilégiée VP:

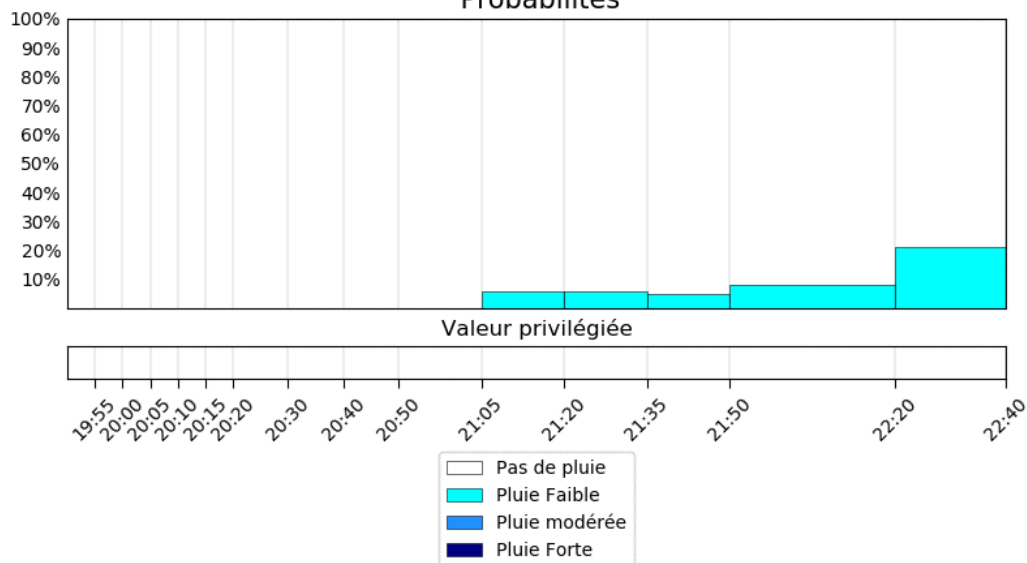
- Si $(P_{com}(sec) > 70\%)$ alors VP = sec
- sinon si:
 $(P_{com}(seuil3)) > (P_{com}(seuil1) + P_{com}(seuil2))$ alors VP = seuil 3
- sinon si: $(P_{com}(seuil1)) > (P_{com}(seuil2) + P_{com}(seuil3))$ alors VP = seuil 1
- sinon VP = seuil 2

Agrégation spatiale schématisée à l'échelle communale des champs de probabilités de dépassement de seuils (3 dans cet exemple) de cumuls de pluie générés par PROBGEN. Les quantiles de probabilités utilisées sont respectivement de 70, 80 et 90 pour les probabilités de pluie faible, modérée et forte.

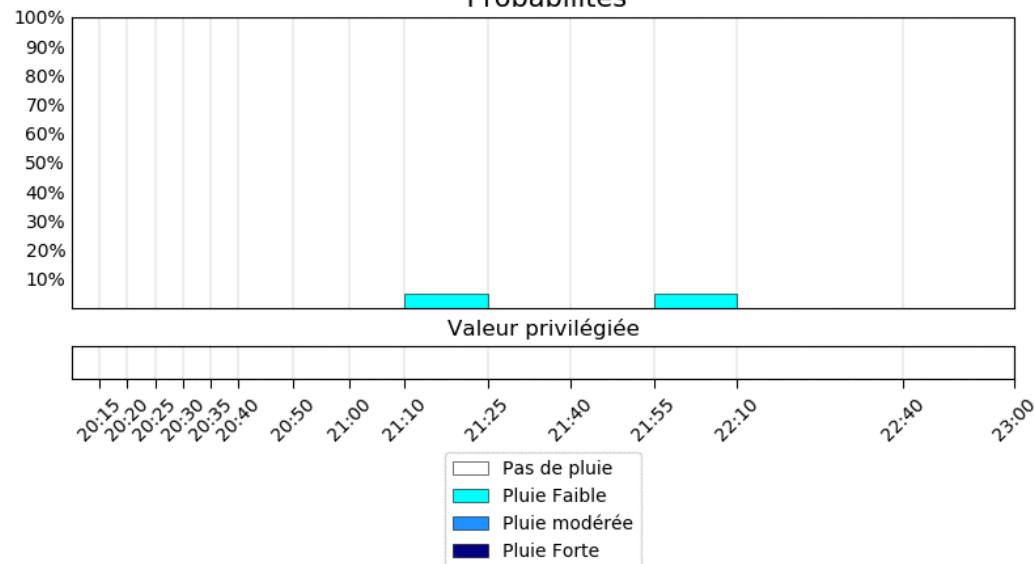
Pluie dans les trois heures.

- Calcul des dépassement de seuils sur des durées qui augmentent avec l'échéance (de 5 min à 30 min)
- Produit en intégration, production finalisée en cours de développement.

Saint Mandé : Prévission Pluie -:- 2023-03-30 19:50:00 -:-
Probabilités



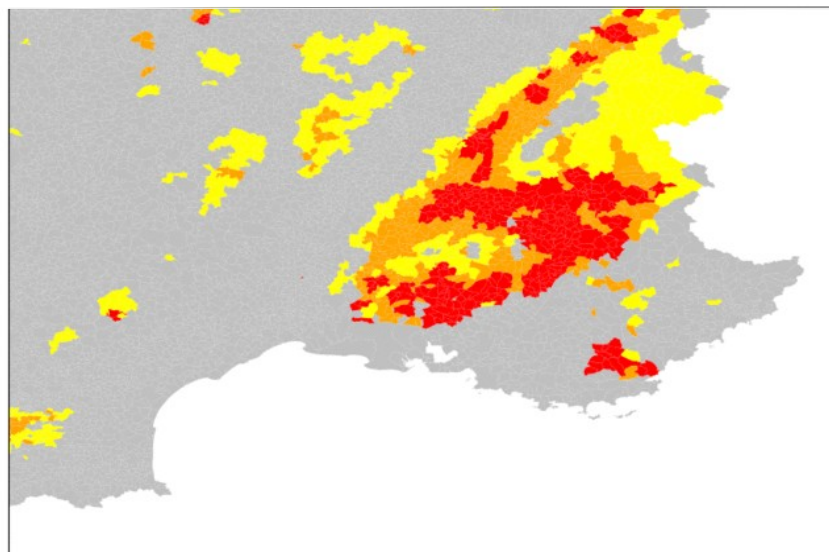
Villeneuve d'Ascq : Prévission Pluie -:- 2023-03-30 20:10:00 -:-
Probabilités



Application de l'approche probabiliste

Exemple de prévision de dépassements de seuil agrégée à l'échelle des communes

Pluie forte
Pluie modérée
Pluie faible



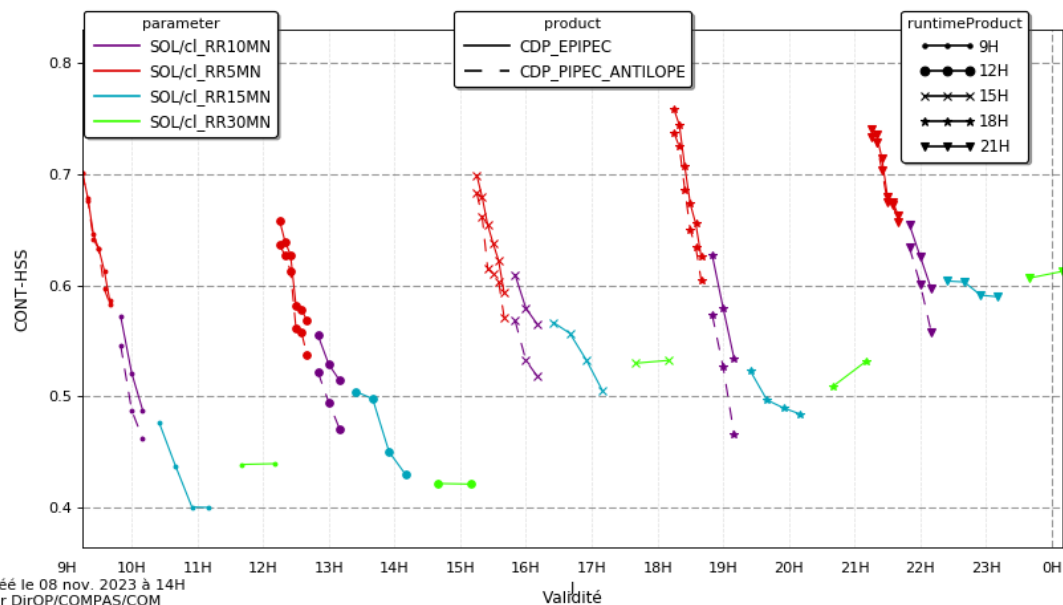
Prévision échelle communale 2022/11/09 r17h (loc) ech +015mn à +150 mn

3. Scores à l'échelle communale

Scores à l'échelle communale

Précipitations Totales

CONT-HSS en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_PRECIP TOTAL

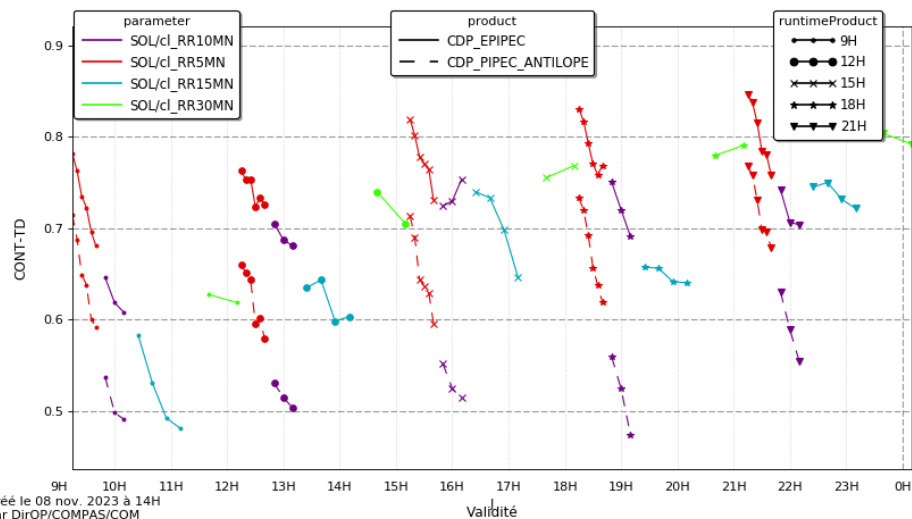


HSS élevé
TD élevé
TFA bas

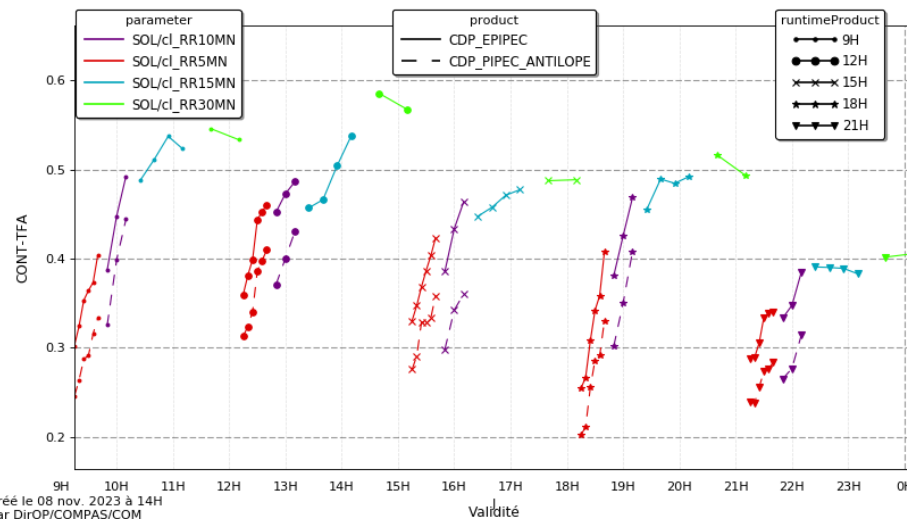


Source :
DirOP/COMPAS/COM

CONT-TD en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_PRECIP TOTAL



CONT-TFA en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_PRECIP TOTAL

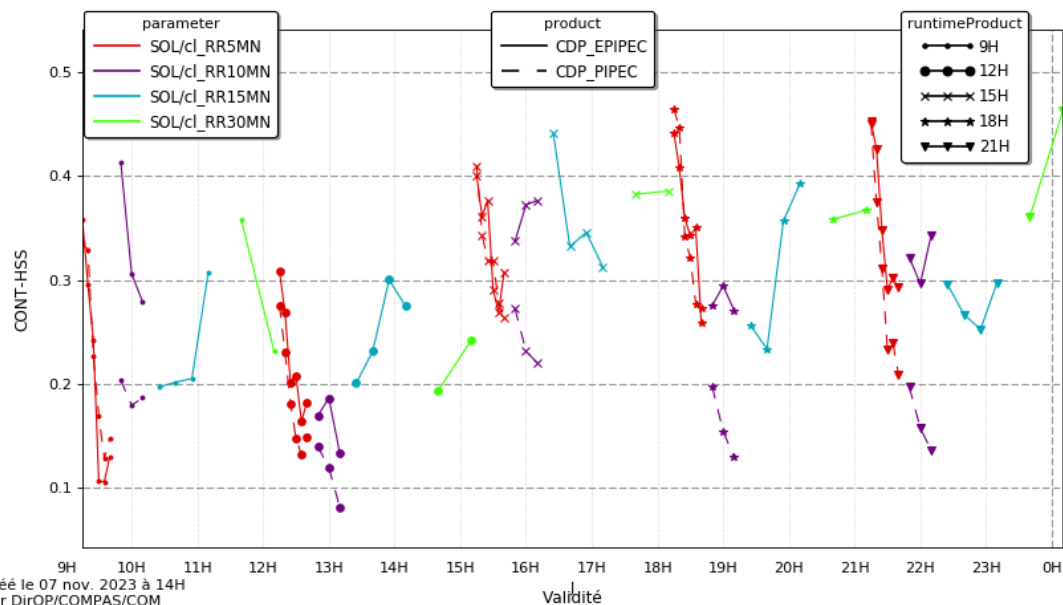


Scores à l'échelle communale

Précipitations Fortes

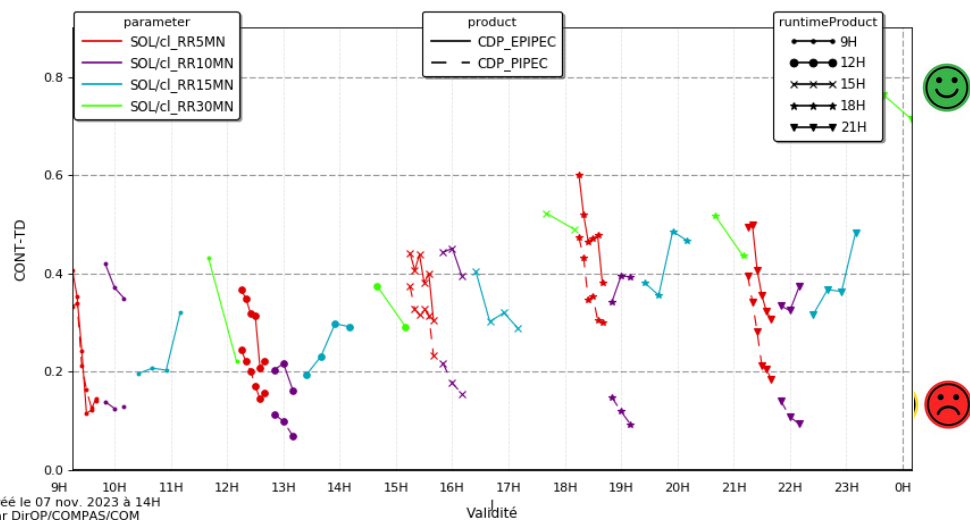
HSS élevé 😊
TD élevé 😊
TFA bas 😊

CONT-HSS en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_FORTE TOTAL

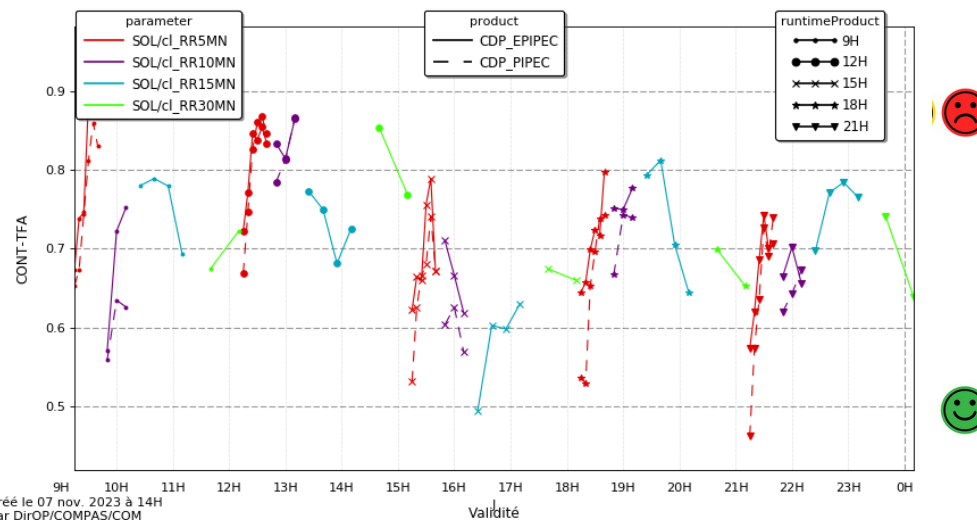


Source :
DirOP/COMPAS/COM

CONT-TD en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_FORTE TOTAL



CONT-TFA en fonc. de la validité du 15 oct. 2023 au 04 nov. 2023
ANA_CDPEIPEC CLASS_FORTE TOTAL



Deux autres applications :

– **Tendance des APIC**

- Prévoir des dépassements de seuils correspondants à des cumuls importants
- Fournir aux abonnés du service APIC-VigicruesFlash (cf présentation demain) une information sur la tendance à l'aggravation des cumuls à l'origine de l'envoi d'un avertissement APIC

– **Production de scénarios**

- Les scénarios prévus par chacun des membres de l'ensemble PIE peuvent directement être utilisés pour le forçage de modèle hydrologique *Fleury et Bouttier (2019)*
- Forçage du modèle SMASH de l'INRAE pour plusieurs épisodes sévères *Godet et al. (2022)*
- Un apport a clairement été montré par rapport à des scénarios de pluies constantes ou de PIAF déterministe.

Références :

- Auger L., Dupont O., Hagelin S., Brousseau P. and Brovelli P., (2016) – AROME–NWC: a new nowcasting tool based on an operational mesoscale forecasting system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, <https://doi.org/10.1002/qj.2463>.
- Bouttier, F. and Marchal, H., 2020. Probabilistic thunderstorm forecasting by blending multiple ensembles, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 72:1, 1-19, DOI: 10.1080/16000870.2019.1696142. <https://doi.org/10.1080/16000870.2019.1696142>
 - Fleury A. and F. Bouttier, 2019: Ensemble-derived precipitation forecasts for flash-flood events prediction. *European Meteorological Society meeting*, Copenhagen, sept. 2019, session UP2.6, ref EMS2019-670.
 - Godet J., Payrastre O., Javelle P., & Bouttier F., 2023. Assessing the ability of a new seamless short-range ensemble rainfall product to anticipate flash floods in the French Mediterranean area. *EGUsphere*, 2023, 1-31. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-907/>
 - Laurantin O., 2013. ANTILOPE: hourly rainfall analysis over France merging radar and rain gauge data. Paper presented at the 11th International Precipitation Conference, Ede-Wageningen, The Netherlands. <https://nhess.copernicus.org/articles/21/1135/2021/>
 - Moisselin J.-M., Cau P., Jauffret C., 2019. Seamless approach for precipitations within the 0-3 hours forecast interval, *European Nowcasting Conference*, Madrid, 24-26/4/2019
 - Osinski R. and Bouttier F., 2018 : Short-range probabilistic forecasting of convective risks for aviation based on a lagged-average-forecast ensemble approach. *Meteorol. Appl.* 25 : 105-118 <https://doi.org/10.1002/met.1674>
 - Piotte O., Montmerle T., Fouchier C., Belleudy A., Garandeau L., Janet B., Jauffret C., Demargne J., Orange D., 2020 : Le service d'avertissement sur les pluies intenses et les crues soudaines en France. *Colloque SHF : «Ruissellement»*, Lyon 30 nov-2 déc 2020.
 - Tzanos R., Montmerle T., Belleudy A., Desmoulins G., 2023 : Évolutions récentes du système APIC-VigicruesFlash. *Colloque SHF "Prévision des crues et des inondations – Avancées, valorisation et perspectives"* Toulouse, 28-30 novembre 2023.
 - Walcarius K., 2021 : Prévision immédiate probabiliste de précipitations adaptée à la prévision des crues. *Rapport de stage KTH Royal Institute of Technology & Ecole Centrale de Lyon*, 70pp, encadré par F. Bouttier, J.-M Moisselin et T. Montmerle.